Lößstudien an der Wolga

Von

Dr. Hans Mohr (Graz)

(Mit 5 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 8. Jänner 1920)

Dank der Fürsprache der Akademie der Wissenschaften in Wien und der erfolgreichen Vermittlertätigkeit Sr. kgl. Hoheit des Prinzen Karl von Schweden (als Vorsitzendem des schwedischen Roten Kreuzes) wurde es mir bewilligt, den größeren Teil meiner russischen Kriegsgefangenschaft in Kasan an der Wolga zuzubringen. Hier ergab sich nach einiger Zeit die Möglichkeit, an der dortigen Universität fachlich arbeiten und die Bibliotheken benützen zu können.

Kasan liegt mitten in der russischen Tafel, viele Hunderte von Werst von dem nächsten gefalteten Krustenstreifen, dem Ural, entfernt. Allenthalben liegen die Schichten streng söhlig und es ist außerordentlich wenig, was sich in dem stark kultivierten Lande oberflächlich oder in den seichten Flußrinnen enthüllt. Was im Wolgastromtale in der Umgebung von Kasan zutage kommt, ist Perm. Nur posttertiäre Schichten liegen ihm auf, das alte Relief der permischen Tafellandschaft verhüllend. Bei der ausgezeichneten Erforschung des russischen Perm durch die einheimischen Fachgenossen und bei der leichten Zugänglichkeit der posttertiären Ablagerungen war es erklärlich, daß ich mich — einer Anregung Prof. Tornquist's in Graz folgend, der mich auf die Lößarbeiten Armaschewsky's verwies — dem Studium des Altquartärs zuwandte, in welchem, wie sich bald erkennen ließ, Lößbildungen eine ganz bedeutende Rolle spielen.

Zur Durchführung meiner Studien standen mir die Lehrbehelfe und Arbeitsmittel des geologischen und mineralogischen Kabinetts der Professoren M. E. Noinski und B. P. Krotow an der Kasaner Universität zur Verfügung, für welche Gastfreundschaft ich den genannten Herren vielen Dank schulde.

Im Jahre 1897 berichtete A. Stuckenberg[1] in den Schriften der Naturforschenden Gesellschaft an der Kaiserl. Universität zu Kasan über ein Bohrloch, welches 12 Werst[2] entfernt von der Stadt niedergebracht wurde. Seine Gesamttiefe betrug 1402 Fuß; 31 Fuß davon entfielen auf das Postpliocän, 825 auf Perm und Permocarbon und mit 546 Fuß stand es im eigentlichen Carbon. Die Steinkohlenformation kommt in der Umgebung von Kasan nirgends zutage. Wird die Basis der posttertiären Bildungen sichtbar, dann sind es meist die hellen, häufig Gips in Streifen und Nüssen führenden Dolomite und Kalke des russischen mittleren Perm, zu welchen sich noch Mergel und etwas Sandsteine gesellen. Diese Serie wird von den russischen Autoren gern als »Kasaner Stufe« bezeichnet.

Das scharf ausgeprägte alte Relief, welches das permische Grundgebirge erkennen läßt und welches größtenteils durch die nivellierende Wirkung der quartären Absätze wieder verhüllt wurde, ist von den Kasaner Forschern wiederholt hervorgehoben und im Weichbilde der Stadt durch zahlreiche Bohrungen nachgewiesen worden. An der Basis der darüber folgenden quartären Schichten hat man an einigen Stellen Tegel erbohrt, deren Alter mangels an Versteinerungen fraglich ist. Man vermutet in ihnen tertiäre Reste.

Über das zweite wichtige Bauglied des Untergrundes von Kasan, das Quartär, ist eine ziemlich reiche Literatur vorhanden. In erster Linie wird sich dies daher leiten, daß die quartären Sandlagen den wichtigsten Wasserhorizont für Kasan

---

[1] A. Stuckenberg, Ein Bohrloch in Kasan. Proc. verb. Soc. Natur., Universität Kasan. 1897, Suppl. Nr. 159, p. 9 (russ.).

[2] 1 Werst = 1067 *m*.

und dessen Umgebung abgeben. Wir besitzen eine große Anzahl von Bohrprofilen, welche durch M. E. Noinski[1] übersichtlich zusammengestellt wurden. Aber auch an sonstigen tagmäßigen Aufschlüssen, in Ziegeleien, Eisenbahn- und Flußeinschnitten ist kein Mangel, so daß wir uns über den Aufbau dieser Formation reichlich gut unterrichten können.

Schon ein flüchtiger Besuch der Umgebung der Stadt reicht hin, um uns die Überzeugung zu verschaffen, daß viele Entblößungen typischen Löß erkennen lassen. Gleichwohl kann man in der Literatur die Beobachtung machen, daß dieser Terminus ängstlich vermieden wird. Die Autoren sprechen in der Regel von braunem Lehm, sandigem Lehm, seltener von lößähnlichem Lehm. Welche Gründe können für diese auffällige Tatsache maßgebend gewesen sein?

Die Hauptveranlassung hierzu mag sich aus folgendem ergeben. Wie das Studium der russischen Lößliteratur zeigt, ist die alte und der Hauptsache nach wohl abgetane Rinnsaltheorie von G. H. O. Volger[1] und Friedr. Mohr[2] in Rußland auf fruchtbaren Boden gefallen und hat in den russischen Forschern P. J. Armaschewsky (Kiew) und Al. P. Pawlow (Moskau) sehr geschickte Verteidiger gefunden, welche diese Theorie ausbauten und auf russische Verhältnisse anzuwenden bestrebt waren.

Die Lößtheorie von Volger und Mohr[2] basiert bekanntlich auf der bedeutungsvollen Erkenntnis, daß es sich um eine echte Landbildung handelt. Diese besonders seit Alexander Braun's Studien gefestigte Tatsache hat dazu geführt, die älteren Anschwemmungstheorien allmählich aufzugeben. Der Ausdruck »allmählich« ist insoferne berechtigt, als auch die Theorie von Volger und Mohr noch kleinste Wasserläufe zuhilfe nimmt, um die Anhäufung feinsten Verwitterungsstaubes auf bestimmten Flächen zu erklären. So wie auf einem Schieferdache das angesiedelte Moos den auf das Dach niederfallenden

---

[1] M. E. Noinski, Materialien zur Hydrologie des Gouvernements von Kasan. Trudi zur Wasserversorgung des Kasaner Gouvernements. Lief. I. Kasan 1917 (russ.).

[2] Friedr. Mohr, Geschichte der Erde. II. Aufl., Bonn 1875, p. 193 bis 197.

und durch Regen zusammengeschwemmten Staub festhält, ebenso wirken nach Friedrich Mohr Wiesen zwischen steileren Gehängen. Der feine Detritus des Steilhanges wird durch den Regen auf die Wiese gebracht und hier durch die Vegetation festgehalten. Im selben Maße als der Wiesenboden an Höhe und Ausdehnung gewinnt, nimmt die Oberfläche des Steilhanges, welcher den Verwitterungsstaub liefert, ab. Dieses Spiel erreicht sein natürliches Ende, wenn die steilen Böschungen auf Kosten der flachen verschwunden sind.

Volger und Mohr's Deluationstheorie wurde nun von Armaschewsky auf den Löß der Gegend von Poltawa und Charkow in Südrußland anzuwenden versucht. Indem dieser Forscher in seiner Hauptarbeit über dieses Thema[1] die Schwächen der anderen Theorien, besonders der Richthofen'schen, aufzuzeigen versucht, verlegt er den Schwerpunkt seiner Ausführungen mehr auf die kritische Richtung. Denn neue Tatsachen, welche geeignet wären, die Volger-Mohr'sche Annahme zu festigen, bringt er nicht bei. Die Rinnsaltheorie wird nur auf eine breitere Basis gestellt.

Armaschewsky geht von der Auffassung aus, daß der Löß der Hauptsache nach eine postglaziale Bildung ist. Nach dem Abschmelzen der Eismassen erfolgte eine gewaltige Belebung der Erosion. Es kam zu einer ausgedehnten Neubildung von Alluvium, welches er in Subaqualalluvium (unter Wasser in Seen und Flüssen gebildet) und Subaëralalluvium (unter Mitwirkung kleinster Rinnsale und Wasserläufe zusammengeschwemmt) einteilt. Die Geländeprofile in Südrußland lassen sehr deutlich eine Gliederung in zwei Abschnitte erkennen.[2] Der steilere Teil steht unter der Herrschaft der Erosion. Diese Region ist gekennzeichnet durch steile Einschnitte, Täler und Schluchten, welche baumartig verzweigt sind. Eine sanfter geböschte Zone, die Niederung, begleitet als Fuß die zuerst genannte Region. Hier ist der Einfluß der Erosion geringer, die Niederschläge werden vom Boden auf-

---

1 P. Armaschewsky, Allgem. geolog. Karte von Rußland. Bl. 46 Poltawa—Charkow—Obojan. Mém. du Comité Géologique. Vol. XV. Nr. 1. St. Pétersbourg 1903.

2 A. a. O., p. 306.

gesaugt oder verdunsten. Das Areal der Niederung vergrößert sich dauernd auf Kosten des Areals der Steilböschungen. Die Formen runden sich allmählich und die Erosion erleidet eine Abschwächung: die Produkte der Erosion werden früher abgesetzt. (Die an der Basis der Steilhänge sich bildenden Absätze werden Brocken des anstehenden Gesteins enthalten.) Die Vegetation beginnt sich festzusetzen. Die Abtragung der Steilhänge dauert aber fort, bis diese verschwunden sind, wodurch der Pflanzenwuchs in der akkumulierenden Zone die Oberhand gewinnt. Die Abschwächung der Erosion steht nach Armaschewsky wahrscheinlich auch im Zusammenhange mit einer Abnahme der Feuchtigkeit des Klimas.[1]

Dies ist in den Hauptzügen Armaschewsky's Entstehungstheorie des Lösses. Es ist wohl kaum möglich, in ihr einen Fortschritt gegenüber den Anschauungen Volger und Mohr's zu erblicken, mit welchen sie in ihrem Grundgedanken vollständig übereinstimmt.

Mit diesem Lehrgebäude wollte Armaschewsky aber nicht allein die Herkunft des südrussischen Lösses klarstellen, er dachte an eine allgemeine Gültigkeit seiner Theorie. Für China und Zentralasien war er wohl zu einigen Zugeständnissen bereit; den dortigen auf alluvialem Weg entstandenen Löß dachte er sich in gewissem Grade einem Verwehungsprozeß unterworfen. Auf den Einwand, daß es ja Lößflächen gäbe, welche von Grundgebirgsaufragungen nicht mehr überhöht würden, erwidert er, daß es in vielen Fällen natürlich schwer ist, das alte orographische Bild zu rekonstruieren. Das Fehlen des Lösses im nördlichen Deutschland und Rußland aber erklärt er damit, daß diese Gebiete länger vereist geblieben sind oder daß das Klima einer Grasvegetation nicht günstig gewesen sei. Der bei den Anhängern der äolischen Theorie hoch eingeschätzte Fund von Resten einer Steppenfauna durch Nehring wird skeptisch beurteilt und seine Beweiskraft übereinstimmend mit Wahnschaffe[2] nicht anerkannt.

[1] A. a. O., p. 310.

[2] F. Wahnschaffe, Die lößartigen Bildungen am Rande des norddeutschen Flachlandes. Zeitschr. d. Deutschen Geol. Ges., 38. Bd., 1886, p. 353 bis 369.

Armaschewsky's Erklärungsart des Lösses hat in Rußland rasch Schule gemacht. Ich verweise nur auf A. P. Pawlow,[1] Sacharow,[2] Neüstrujew[3] und andere, welche in den von ihnen studierten Gebieten den Löß ebenfalls durch »Deluation« erklären wollen oder zumindest der Richthofen'schen Theorie ablehnend gegenüberstehen.

Diesen zahlreichen Stimmen gegenüber, welche die äolische Theorie bekämpfen, kommen in Rußland die Verteidiger Richthofen's fast nicht zu Worte. Ich erwähne unter ihnen besonders Obrutschew,[4] dem der wichtige Nachweis gelungen ist, daß in Zentralsibirien das Verbreitungsgebiet rezenter Dünen sich in auffälliger Weise mit den Lößgebieten deckt.[5]

Aus diesem Widerstreit der Meinungen ist bei einem Teil der russischen Forscher eine begreifliche Zurückhaltung entstanden, da — wie es scheint — manchem Bedenken aufstiegen, ob denn das echter Löß sei, was in Rußland als deluvial erklärt wird.

Und so können wir das Unerwartete beobachten, daß in einer typischen Lößgegend, wie es die Umgebung von Kasan ist, von Löß bis auf Noinski nicht die Rede ist.

---

[1] A. P. Pawlow, Voyage géologique par la Volga de Kazan à Tzaritsyn. Enthalten in Guide des excursions du VII Congrès Géolog. Internat. St. Pétersbourg 1897. (Löß deluvialer Entstehung an der Wolga südlich Kasan.)

[2] S. A. Sacharow, Über die lößartigen Ablagerungen Transkaukasiens. »Bodenkunde« 1910, Nr. 1, p. 37 bis 80 (russ.) (erklärt den dortigen Löß deluvial).

[3] S. Neüstrujew, Über den turkestanischen Löß. Tagebuch der 12. Versammlung russ. Naturforscher und Ärzte in Moskau. 1910, Nr. 10, p. 493 bis 495 (russ.) (behandelt Untersuchungen im Syr-Darja-Gebiete, wo sich keine Beweise für eine äolische Entstehung des Lösses aufbringen lassen).

[4] W. A. Obrutschew, Zur Frage über den Ursprung des Lösses (Verteidigung der äolischen Hypothese). Iswiestia des Technolog. Instituts in Tomsk. 1911, Bd. XXIII, Nr. 3 (russ.).

[5] W. A. Obrutschew, Orographische und geolog. Beschreibung des südwestlichen Transbaikalien. Explorations géol. et minér. le long du Chemin de fer de Sibérie. Livr. XXII. Fasc. I. St. Pétersbourg 1914 (russ. — deutscher Auszug), p. 751.

Als einen der ersten, welcher dieses Gebiet geologisch durchforscht hat, werden wir N. A. Golowkinski[1] zu nennen haben. Er bezeichnet die den permischen Gesteinen aufliegenden jüngeren Schichten als »Sandformation«. Sie bevorzugt den östlichen (beziehungsweise nordöstlichen) Hang der permischen Grundgebirgsrücken und erreicht die gleiche Höhe mit den permischen Ablagerungen. Nach oben geht sie häufig in einen sandigen Lehm über, der sich am rechten Ufer der Wolga auf den Gipfeln der Kuppen wiederfindet.

Mit einem namhaften Fortschritt in der Erkenntnis der posttertiären Schichten ist wieder die Ära Stuckenberg-Schtscherbakow verbunden, in welche eine bedeutende Belebung der Bohrtätigkeit auf Wasser in Kasan und dessen Umgebung fällt. Die Art der Grundwasserführung, die Gestaltung des permischen Untergrundes und die Zusammensetzung der quartären Ablagerungen in größerer Tiefe ist dadurch rasch übersichtlich klargestellt worden. Eine ganze Reihe von kleineren Arbeiten[2] berichtet über die geologischen und hydrologischen Ergebnisse dieser Bohrungen, aber niemals finden wir den

---

1 N. A. Golowkinski, Beschreibung der geologischen Beobachtungen, welche im Sommer 1866 im Kasaner und Wiatkaër Gouvernement angestellt wurden. Materialien zur Geologie Rußlands (St. Petersburg 1869, Bd. I, p. 190 u. f., russ.).

2 Anon.: Über artesische Brunnen in Kasan. Beilage zu den Sitzungsprotokollen der Naturforschenden Gesellschaft an der Kaiserl Universität zu Kasan. Nr. 133, Kasan 1893 (russ.).

A. Stuckenberg, Artesisches Wasser in Kasan. Beilage zu den Sitzungsprotokollen der Naturforschenden Gesellschaft an der Kaiserl. Universität zu Kasan. Nr. 134. Kasan 1893 (russ.).

A. Stuckenberg und A. Schtscherbakow, Artesische Brunnen in Kasan. Beilage Nr. 145. Kasan 1894 (russ.).

A. Stuckenberg, Artesisches Wasser in Kasan. Beilage Nr. 160. Kasan 1897 (russ.).

A. Stuckenberg, Ein Bohrloch in Kasan. Proc. verb. soc. natur. de l'Université de Kazan. 1897; Suppl. Nr. 159, p. 9 (russ.).

A. J. Schtscherbakow, Untersuchung einiger Stadtteile Kasans in sanitärer Beziehung. Mém. scientif. de l'Université Imperiale de Kazan. Kasan 1898. II: p. 1 bis 72; V—VI: p. 1 bis 84 (russ.).

A. J. Schtscherbakow, Boden und Grundwasser der mittleren Terrasse der Stadt Kasan. Mém. scientif. de l'Université etc. Kasan 1898. p. 13 bis 36 (russ.).

Terminus »Löß« in Verwendung. Die ganze Serie der quartären Ablagerungen wird in der Regel unter dem Namen Posttertiär oder Postpliocän zusammengefaßt, an deren Aufbau sich gelbbraune Lehme, mehr oder weniger sandig (an den Steilabstürzen des linken Kasánka-Ufers[1] bis zu 50 Fuß[2] mächtig) und gelbbraune Sande, mehr oder weniger lehmig (ebendort bis zu 60 Fuß mächtig) beteiligen.[3]

Übereinstimmend legen die Bohrungen Zeugnis ab von der großen Mächtigkeit der posttertiären Ablagerungen. So hat die Bohrung Podluschnja[4] nahe der Stadt 201 russ. Fuß (etwa 60 *m*) postpliocäne Lehme und Sande durchbohrt, ehe sie in das anstehende Perm gelangte. Der oben erwähnte Aufschluß des Quartärs an der Kasánka läßt eine Gesamtmächtigkeit von 33 *m* überblicken. An tieferen Stellen kann man jedoch nach Stuckenberg eine Mächtigkeit bis zu 45 Saschén (= 96 *m*) beobachten,[5] welche — wie wir später erfahren werden — noch übertroffen werden kann. An der Auflagerungsfläche des Quartärs lassen sich dem autochthonen Untergrund entstammende Schuttbrocken beobachten, aber auch Gerölle.

Diluviale Säugetierreste scheinen — nach den Aufsammlungen des geologischen Kabinetts an der Universität zu schließen — im Quartär des Kasaner Gouvernements massenhaft gefunden worden zu sein, es ist aber in der Literatur wenig darüber zu finden. Im Jahre 1895 teilt uns A. Lawrsky[6] einiges über Funde von Mammutresten im Kreise Laïschew (etwa 50 *km* südlich von Kasan) mit. Die Knochen lagen in einem grünlich-grauen Ton zusammen mit einigen Resten des Urrindes und eines Nashorns. Über dem Ton wird »lößartiger

[1] Im Bereiche der Stadt, bei der alten Festung (»Kriépost«).

[2] 1 Fuß = 30 *cm*.

[3] A. Stuckenberg, Artesisches Wasser in Kasan. Beilage Nr. 134, 1893, p. 10.

[4] A. a. O., p. 10.

[5] A. Stuckenberg, Artesisches Wasser in Kasan. Beilage Nr. 160, p. 3.

[6] A. Lawrsky, Mammutreste, welche im Dorfe Dopaürowski Urai, Kreis Laïschew des Kasaner Gouvernements gefunden wurden. Beilage Nr. 150, Kasan 1895 (russ.).

Lehm«, der in den oberen Horizonten Einschaltungen von Sand führt, beobachtet. Zum ersten Male — so weit mir die einschlägige Literatur bekannt ist — taucht hier der Ausdruck »Löß« auf, eine Erläuterung oder nähere Begründung dieser Benennung wird aber nicht gegeben.

P. Krotow[1] und M. Noinski[2] in Kasan haben später das Gesamtbild ergänzt und besonders dem letzteren verdanken wir eine Reihe von Berichten über neu ausgeführte Bohrungen und eine außerordentlich wertvolle Zusammenstellung des Tatsachenmateriales, das die Tiefbohrungen im Gouvernement Kasan bis zum Jahre 1917 geliefert haben. Im großen und ganzen finden wir gegen früher keinen Wandel der Anschauungen. Der Ausdruck »lößartiger Lehm« kehrt in den jüngeren Arbeiten wohl öfters wieder, wir vermissen aber durchwegs eine Stellungnahme zur Entstehungsfrage dieser mächtigen Ablagerungen. Eine Diskussion entspinnt sich über die Herkunft exotischer Gesteinsbrocken, welche zusammen mit Kalkschutt des Untergrundes und Geröllen in den tiefsten Horizonten des Quartärs nachgewiesen werden konnten. Diese fremden Gesteine konnten als Carbonkalk bestimmt werden und P. Krotow verteidigte ihre glaziale Herkunft. Es würden also an der Basis des Quartärs Reste einer Grundmoräne erhalten sein.

In der Zusammenstellung aller Bohrergebnisse im Gouvernement Kasan bietet M. E. Noinski am Schlusse[3] einen gedrängten Auszug alles dessen, was sich bis jetzt vom Pleistocän der Kasaner Umgebung sagen läßt. Die pleistocänen

---

[1] P. Krotow, Zur Geologie des Gouvernements Kasan. Beilage etc. Nr. 250, Kasan 1910 (russ.).

P. Krotow, Noch einmal über die Spuren der Glazialzeit im Gouvernement Kasan. Beilage Nr. 255, 1910 (russ.).

[2] M. E. Noinski, Zwei Bohrlöcher in Kasan. Beilage etc. Nr. 259, 1910 (russ.).

M. E. Noinski, Materialien zur Geologie von Kasan und dessen Umgebung. II. Über den Charakter der Ablagerung bei der alten Klinik. Beilage Nr. 334 (russ.).

M. E. Noinski, Materialien zur Hydrologie des Gouv. Kasan. Trudyi zur Wasserversorgung des Kasaner Gouvernements. Lief. I. Kasan 1917 (russ.).

[3] A. a. O., p. 80.

Sedimente sind nach Noinski hauptsächlich auf das linke Ufer der Wolga und der unteren Kama beschränkt, wo sie bis zu 100 Werst Breite erlangen. Auf der einen Seite werden sie von den Alluvionen der genannten Flüsse, auf der anderen vom Perm begrenzt. Das Relief der permischen Unterlage ist sehr ungleich.

An der allgemeinen Zusammensetzung des Pleistocäns beteiligen sich Tone, Sande, Kiese, Gerölle und Schutt. Von den Tongesteinen erwähnt Noinski zuerst *a)* den lößartigen Lehm. Er findet sich vorwiegend in den oberen Horizonten, ist von sehr feiner Beschaffenheit und immer sandhältig. Der Sandgehalt beträgt 10 bis 20%, häufiger 30 bis 50% der gesamten Masse. Durch weitere Steigerung des Sandgehaltes entwickeln sich Übergänge zu völlig reinen Sanden. — Kaliglimmerblättchen sind eingestreut. — Ein $CaCO_3$-Gehalt wird manchmal beobachtet; er konzentriert sich um die feinen Röhrchen, welche den Lehm durchziehen.

Unter *b)* führt Noinski einen sehr verschiedenfarbigen Ton an. Er tritt in den tiefsten Horizonten auf, ist klar geschichtet, wenig sandig und enthält eine große Menge Glimmer. Fast immer begleitet ihn ein großer Kalkgehalt. Seine Farben sind bald braun oder zimtfarbig, bald mehr grau oder gelblichgrau. Er ist außerordentlich selten und gehört möglicherweise dem Pleistocän nicht mehr an.

Eine dritte Gruppe *c)* bilden Lehme, welche sehr plastisch sind und petrographisch dem lößähnlichen entsprechen. Ihre Farbe ist grau, gelblich, bläulich, grünlichgrau. Der Verbreitung nach sind sie auf die mittleren und unteren Horizonte beschränkt.

Als Einlagerungen wären Muschelreste und tonige Torfspuren zu erwähnen.

Die eigentlichen Sande werden in feine und gröbere mit 1 bis 2 *mm* Korngröße eingeteilt.

Die einzelnen petrographischen Typen sind nicht niveaubeständig. Immerhin kann man eine gewisse Gesetzmäßigkeit in der Verteilung beobachten, die sich folgendermaßen ausdrücken läßt:

1. Gesteinsarten mit feinerem Korn, lehmige und feinsandige Typen sind vorwiegend auf die oberen, gröbere Sande, seltener auch Gerölle und Schutt auf die tieferen Horizonte beschränkt.

2. Das gröbere klastische Material hält sich an die Nähe der Täler (Wolga, Kama und deren Nebenflüsse).

3. In der Regel läßt sich beobachten, daß die Lehme nach unten übergehen in tonige Sande und hierauf in reine Sande. Diese aber liegen ohne Übergang wieder auf Lehmen, welche Lagerungsart sich mehrmals wiederholen kann. Auf diese Weise zerfällt jedes Profil in eine Anzahl von Komplexen, deren Noinski sechs bis acht, manchmal aber nur zwei bis drei beobachtete.

4. Ist nach Noinski die Anordnung auch meistens eine solche, daß in den oberen Horizonten lößartiger Lehm mit feineren Sanden wechsellagert, in den tieferen aber »schlammiger« (?) Ton mit gröberen Sanden.

An diese rein geologische Zusammenfassung schließen sich nun noch Ausführungen an, welche sich mit den Gesetzen der Wasserführung beschäftigen, die aber für unsere Betrachtung von geringerem Belange sind.

Wir verlassen nunmehr dieses Kapitel der älteren Erfahrungen, aus welchem sich unschwer ergibt, daß die Literatur vor dem Jahre 1917 dem Entstehungsproblem der pleistocänen Ablagerungen um Kasan nur teilweise näherzutreten versuchte und ich gehe zu meinen eigenen Beobachtungen über, welche das aus der älteren Literatur gewonnene Bild ergänzen sollen.

Im allgemeinen kann man sagen, daß die posttertiären Bildungen um Kasan derart auftreten, daß sie den Gesamteindruck der Tafellandschaft noch vertiefen: sie spielen eine nivellierende Rolle. Diese Wirkung läßt sehr gut die postpliocäne Kante erkennen, welche die Ostbegrenzung des Wolgatales südlich der Kasánka[1] darstellt. Diese auffällige Landkante erhebt sich ganz unvermittelt am Ostrande des Inundationsgebietes und zieht in gleichmäßiger Höhe vom Nordende

[1] Ein linker Nebenfluß der Wolga, knapp nördlich der Stadt mündend.

der Stadt durch deren Gebiet gegen Süd. Die Stufe ist etwa 10 Saschén[1] hoch. Sie besteht fast ausschließlich aus post-tertiären Lehmen und Sanden, welche auf Perm aufliegen. Während aber die obere Kante der »Lößstufe« — wie wir sie nennen wollen — einen gleichmäßigen Horizont behauptet, ist die Basis sehr ungleichmäßig. So sieht man deutlich rings-um den Fuß der Kriépost, welche das Nordende der Stadt bezeichnet, söhlig gelagertes Perm zum Vorscheine kommen. Im Süden der Stadt hingegen liegen die permischen Schichten tiefer als der Spiegel des Kabánsees,[2] welcher bei stärkerem Wellengange Brocken permischer Mergel vom Grunde losreißt und ans Ufer wirft (s. Fig. 1).

In ihrer Nacktheit, dem söhligen Verlauf ihrer Oberkante und dem Steilabbruch gegen Westen gewährt die Terrasse einen eigenartigen Anblick.

Einige scharfe Einkerbungen in den Rand dieses »Brettes« unterbrechen einigermaßen die Eintönigkeit der Kontur. Wie mit einem Messer geformt, sind diese modellscharfen Rinnen und Racheln in die Stufe randlich eingesenkt und haben an ihrer Mündung in das Überschwemmungsgebiet der Wolga einen fladenförmig sich ausbreitenden Deponierungskegel auf-gehäuft (s. Fig. 2).

Manche dieser jugendlichen Erosionsrinnen erreichen bereits eine halbe Wegstunde in der Länge. Bei den Platz- und Gewitterregen des späten Frühjahres wälzen sie eine dicke Trübe von Sand und Schlamm gegen die Wolganiede-rung.

Ich weise auf diese Racheln besonders hin, weil mir dünkt, daß sie Armaschewsky eine gewisse Grundlage für seine Rinnsaltheorie abgegeben haben. Der vorgelagerte Kegel wird mit Rasen schwach besiedelt und es mag dadurch eine Anhäufung lößartigen Bodens auf sekundärer Lagerstätte stattfinden. Ähnliche Vorgänge sind natürlich auch denkbar, wenn das Hinterland, welches der Erosion unterworfen ist, aus tertiärem oder sonstigem lockeren Sediment besteht. Immer

[1] 1 Saschén (1 Faden) = 2·13 *m*.

[2] Alter, toter Lauf der Wolga, vom Grundwasser des Wolgatales gespeist.

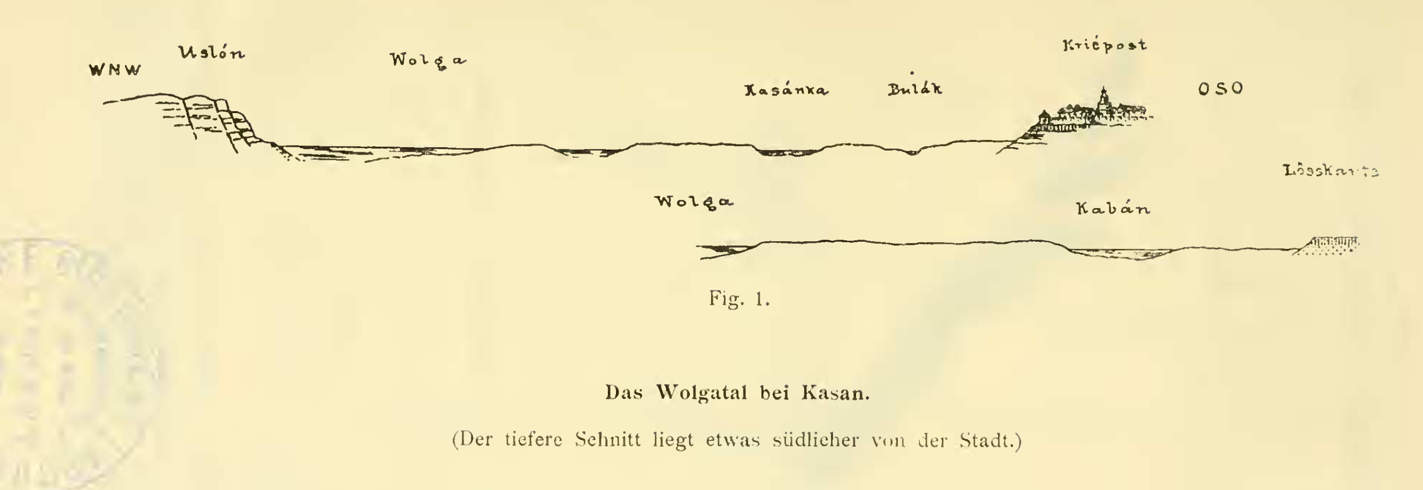


Fig. 1.

Das Wolgatal bei Kasan.

(Der tiefere Schnitt liegt etwas südlicher von der Stadt.)

In Uslón und an der Basis der Kriépost mittleres Perm (»Kasaner Stufe«). In Uslón prächtige Setzungsklüfte, mit der Wolga ungefähr parallel laufend; die Gipsbänder, Linsen und Nüsse in den permischen Dolomiten sind besonders bei Hochwasser einer andauernden Auswaschung ausgesetzt. Der Masseschwund im Sockel führt schließlich zum Absetzen der randlichen Partien.

Über dem Perm der alten Kasaner Festung (Kriépost) Löß und Dünensande, welche sich nach S in der Lößkante fortsetzen.

(Bulák ist der Abfluß des Kabánsees, welcher in die Kasánka einmündet.)

aber wird das Material der Aufschüttung eine strenge stoffliche Abhängigkeit vom abgebauten Hinterlande verraten, und das müssen wir festhalten.

Verfolgen wir nun diese Terrainkante in ihrem südlichen Verlauf bis dorthin, wo die neue Eisenbahn nach Jekaterinenburg in die pleistocänen Bildungen eindringt, so finden wir dort einen prächtigen Aufschluß.

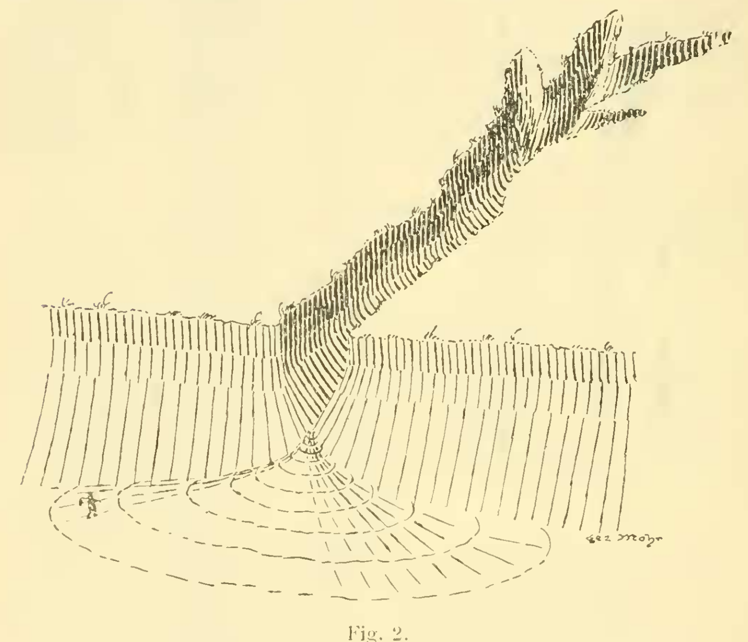


Fig. 2.

Junge Rachel in der Lößkante südlich der Stadt (Kasan).

Die oberste Lößlage kommt durch Steilabbruch scharf zum Ausdruck. Gesamthöhe der Wand etwa 15 *m*.

Die Stufe ist hier etwa 12 bis 15 *m* hoch. Um Material für den Eisenbahnbau zu gewinnen, ist sie in drei Etagen tagbaumäßig angeschnitten worden, welche folgenden geologischen Aufbau enthüllen.

I. Etage: Die Wand besteht aus typischem Löß, dessen Röhrchenstruktur sehr gut ausgeprägt ist. Reichliche Kalkausscheidungen werden beobachtet, die sich besonders längs der alten Wurzelröhrchen anhäufen. Lößkindel sind aber spär-

lich und in der Regel sehr klein. Sehr gut sichtbar ist auch eine vertikale Klüftung, welche zur Bildung von polygonalen Säulen Anlaß gibt. Schwächer ist eine horizontale Unterteilung

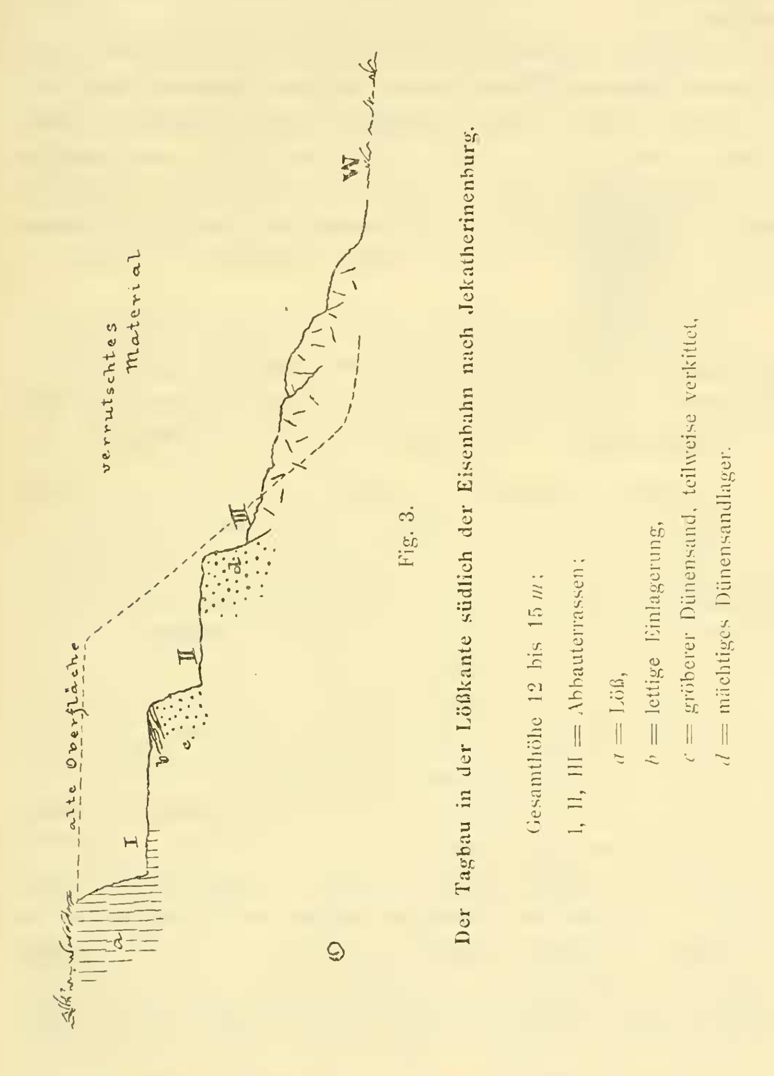


Fig. 3.

Der Tagbau in der Lößkante südlich der Eisenbahn nach Jekatherinenburg.

Gesamthöhe 12 bis 15 *m*;
I, II, III = Abbauterrassen;
a = Löß,
b = lettige Einlagerung,
c = gröberer Dünensand, teilweise verkittet,
d = mächtiges Dünensandlager.

bemerkbar. Die im ganzen ausgesprochen massige Struktur wird nur gegen den Rasen durch einige lehmig humose Streifen unterbrochen, welche gewissermaßen in den gegenwärtigen klimatischen Zustand hinüberleiten.

II. Etage: Bei *b* eine lettige, flammig gestreifte Lage, im Streichen nicht weit verfolgbar. Darunter bei *c* ein dickes Nest von gröberem Dünensand, welcher teilweise durch $CaCO_3$ verkittet ist.

III. Etage: An ihrer Wand ist ein mächtiges, massig aussehendes Dünensandlager erschlossen. Der Sand ist links vom Beschauer (gegen N) mehr graugelb, rechts (gegen S) mehr bräunlichgelb gefärbt. An der Kante oberhalb *d* merkwürdige sackförmige, lettige Nester, schwarz (Mn+Fe?) oder rostbraun flammig-streifig gefärbt. Diese Bildungen scheinen einer späteren Zeit anzugehören und mit der nahen Oberfläche in Zusammenhang zu stehen.

Der Bahneinschnitt selbst liegt überwiegend im Löß, aber der tiefere Teil des Steilabfalles der Lößstufe nördlich vom Einschnitt zeigt in einer Reihe von Entblößungen, daß sich das Flugsandlager des Tagbaues im Streichen fortsetzt.

Von diesem Aufschluß begeben wir uns zu einem zweiten am Südufer des bereits erwähnten Kabansees (s. Fig. 4).

Etwas nördlich von den sogenannten Junkerbaracken (Militärlager) schließt sich an das Südwestende des Sees eine kleine Bucht, deren Umfassung durch den Steilabbruch einer 6 bis 8 *m* hohen Wand gebildet wird.

Der Anschnitt zeigt zwei Ablagerungsserien miteinander in schichtiger Ablösung. Der obere, etwa 1 bis 1·5 *m* mächtige Abschnitt besteht vorwiegend aus Lößboden, und zwar stellt der unter dem Rasen liegende Teil eine schokoladebraune, lößartige Masse (Tschernosjóm) mit schwachen, gelblichen Sandlagen dar. Tiefer walten allmählich staubförmige Dünensande vor, welche an einzelnen Stellen sehr deutlich die bezeichnende diagonale Schichtung erkennen lassen. Die gegen die Tiefe zurücktretenden Lößstreifen sind nur etwa handbreit, zeigen aber die Röhrchenstruktur ganz ausgezeichnet. Neben diesen Bändern kommen noch andere braune Streifen vor, welche aber nichts anderes als verfestigten Dünensand darstellen.[1]

---

[1] Diese streifenweise Verfestigung des Dünensandes könnte man sich am ehesten durch periodische Überschwemmungen (Wolga) entstanden

Daß es sich in den angeführten Fällen wirklich um Dünensande handelt, geht nicht allein aus der Erkenntnis ihrer petrographischen Eigentümlichkeiten[1] hervor, sondern auch aus — teilweise — klassischen Feldbeobachtungen, wie sie z. B. am neuen mohammedanischen Friedhof angestellt werden konnten. Hier hatten die Arbeiten für den gleichen Eisenbahnbau einen tiefen Einschnitt erzeugt, der einen mehrmaligen Wechsel von

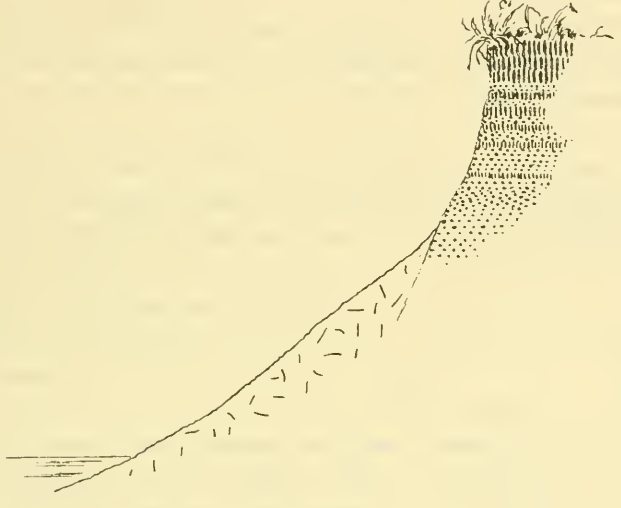


Fig. 4.

Aufschluß am Südwestende des Kabánsees.

Höhe: 6 bis 7 *m* über dem See;
Tschernosjóm und Löß mit Sandlagen wechselnd.

Lehm und Dünensand entblößte. Die Dünenstruktur war hier an manchen Stellen so gut erhalten, daß man den auf- und absteigenden Ast der Dünenstreifung genau im Querschnitt

---

denken, welche den sonst völlig losen Sand mit einem tonigen Bindemittel infiltrierten. Nach dem Abzug des Wassers legte sich neuerdings Dünensand darüber.

[1] Zu diesen Eigentümlichkeiten gehört vor allem eine bedeutende Steigerung und Vervollkommnung des Aufbereitungszustandes, besonders kenntlich im Ausgleich der Korngrößen, Anreicherung des Quarzes durch Ausscheiden der Mineralien von anderem physikalischen Verhalten gegenüber dem Luftstrom, besonders des Glimmers (Muskovit), welcher verschwindet.

beobachten konnte. Leider war der Kriegszustand dem Vorhaben hinderlich, diese lehrreichen Aufschlüsse im Bilde festzuhalten.

Es wurden noch einige andere Quartärprofile untersucht, wie am Fuße der alten Stadtfestung (Kriépost) und in den Ziegelgruben im Süden der Stadt, wichtiges neues Beobachtungsmaterial ist aber dabei nicht zugewachsen.

Wir wollen nun auf Grund der gewonnenen fremden und eigenen Beobachtungen Klarheit zu gewinnen trachten, welche Entstehungstheorie sich mit diesen am besten vereinbaren läßt.

Nach der von de Geer entworfenen Karte Europas zur Zeit seiner maximalen Vergletscherung (enthalten in Geinitz: »Die Eiszeit«) könnte es den Anschein haben, als wären jene pleistocänen Bildungen, welche wir zu beschreiben versucht haben, Absätze des stark vergrößerten Kaspisees. Nach der Auffassung, welche in dieser Karte niedergelegt wurde, erstreckte sich der Spiegel dieses Sees in der genannten Zeit längs des östlichen Ufers der Wolga weit nach Norden. Sogar das Mündungsgebiet der Kama wurde noch vom See überschritten und Kasan würde gerade einen der nördlichsten Punkte einnehmen, den das Wasser des Kaspi noch bedeckte. Worauf diese Annahme sich gründet, konnte ich aus der Literatur nicht erfahren. Vermutlich dachte man an eine lakustre Entstehung der tieferen Sande des Quartärs. Daß für diese Auffassung keine Handhabe vorhanden ist, zeigen nicht allein die Bohrungen und natürlichen Aufschlüsse in der Kasaner Umgebung, sondern auch die örtliche Literatur der letzten Jahrzehnte, in welcher dieser Gedanke nicht mehr erörtert wird. Es genügt hinzuzufügen, daß weder der obenauf liegende »lößartige« Lehm noch die tieferen Sande irgendwelche Berührungspunkte mit lakustren Absätzen aufweisen.

Hingegen weisen alle Anzeichen auf eine Bildung hin, welche auf dem trockenen Lande vor sich ging. Die Sande sind echte Dünensande sowohl ihrer petrographischen Ausbildung als ihrer Lagerungsart nach. Der »lößartige« Lehm Noinski's aber ist ein schwach verlehmter Löß, dem noch

alle petrographischen und geologischen Eigenheiten anhaften, die den Löß Mittel- und Westeuropas charakterisieren. Der Reichtum an Quarzkörnchen bestimmter Größe, die unregelmäßig und in verschiedenen Stellungen verteilten Glimmerschüppchen, der Kalkgehalt und die Lößkindchen, und endlich die Röhrchenstruktur, all das tritt uns auch an den Lehmen der Kasaner Umgebung entgegen. Dazu kommen noch eine Reihe bezeichnender Eigenheiten in seinem geologischen Auftreten, wie die Massigkeit seines Aufbaues, die vertikale Klüftung, die Neigung zur Steilwandbildung, das Unvermögen, Wasser tragen zu können, die Einbettung großer Landsäugetiere, besonders grasfressender Dickhäuter und Huftiere, und endlich die planierende Art seines Auftretens.[1] Wenn wir alle diese Beobachtungen auch an den »lößartigen« Lehmen Kasans anstellen können, so können wir uns berechtigt fühlen, von »Löß« schlankweg zu sprechen, wenn er auch Anzeichen beginnender Verlehmung erkennen läßt.

Zu dieser Erkenntnis also führen uns die Beobachtungen um Kasan.

Wenn aber der Löß der Kasaner Umgebung prinzipiell keinerlei Unterschiede gegenüber jenem Mitteleuropas erkennen läßt, wie dies Nikitin[2] bereits in den Achtzigerjahren für die gleichartigen Bildungen Südrußlands festgestellt hat, dann wird die Frage interessant, ob denn wirklich die Verhältnisse in Rußland so ganz anders liegen, daß sie einer Anwendung der äolischen Lößtheorie widerstreiten. Wir wollen uns deshalb mit den nichtäolischen Theorien an der Hand der eigenen Beobachtungen auseinandersetzen, um deren Anwendungsmöglichkeit zu prüfen.

Richthofen hat bekanntlich die Möglichkeit keineswegs geleugnet, daß untergeordnet auch auf anderem Wege denn durch Windwirkung lößähnliche Bodenarten entstehen können. So spricht er vom »See-Löß«, den er sich als Absatz in

---

[1] Ferd. Freiherr v. Richthofen, Führer für Forschungsreisende. Hannover 1901, p. 469 bis 471. Neudruck der Aufl. 1886.

[2] S. Nikitin, Les depôts posttertiaires de l'Allemagne dans leurs relations aux formations correspondantes de la Russie. Bull. du Comité Géol. St. Pétersbourg 1886, T. V, p. 133—185.

abflußlosen Seen entstanden denkt, wenn in Lößgegenden aufgeschlämmter Löß in den Wasserbecken zusammengetragen wird.[1] Auch die Deltas der Flüsse hält er für einen geeigneten Ort, um lößähnliche Böden entstehen zu lassen.[2] Und dieser Art der Entstehung kommt vielleicht in einem etwas anderen Sinne eine größere Bedeutung zu, als man bisher anzunehmen geneigt war. Wenn wir z. B. die russischen Ströme betrachten, so staunt der Beobachter über die Menge des feinen, gelben Schlammes, den sie tagaus tagein ihrem Mündungsgebiete zuwälzen. Ich habe den ganzen Sommer über die Wolga nie anders als gelbgefärbt an Kasan vorüberziehen sehen. Und besonders reich an suspendierten Stoffen scheint sie im Frühjahre zu sein, wenn die Schneeschmelze sie das Land weithin überschwemmen läßt. 5 bis 8 *m*, vielleicht auch mehr, erhebt sich dann ihr Pegel gegenüber dem gewöhnlichen Stande im Wolgagerinne und verwandelt die ganze Umgebung von Kasan in einen gewaltigen See. Kleinere Zuflüsse halten nicht Schritt mit dem rapiden Anstieg der Wasserflut im Strome und so sieht man tagelang die gelbe Trübe die kleine Kasanka aufwärts wandern, ihrer Stromrichtung entgegen, deren Wasser zurückstauend und allenthalben die Marschen zu beiden Seiten des Flusses tief ins Land hinein in eine gelbe See verwandelnd. Nach einigen 14 Tagen ist der Hochstand erreicht, die Gewässer kommen zum Stehen. Etwa eine Woche lang behauptet die Flut noch ihre Herrschaft, dann aber sinkt der Spiegel und das inundierte Gebiet wird wieder frei. Wenn wir aber die abziehenden Fluten betrachten, so finden wir sie völlig klar. In der kurzen Zeit des Stagnierens hat sich diese Klärung vollendet, der ganze suspendierte Schlamm ist zu Boden gefallen, deckt die Marschen, wo er an den Grasresten des Vorjahres einigen Halt findet. Wenn auch die heftigen Frühjahrsstürme, worauf wir noch zurückkommen wollen, sich rasch dieser Sinkstoffe bemächtigen und sie in einer bestimmten Weise im Lande verteilen, so wird doch ein Teil des gelben Schlammes durch den Graswuchs

[1] Führer für Forschungsreisende, p. 473.

[2] A. a. O., p. 474.

verankert bleiben und im Laufe der Zeit zu einer Erhöhung des Bodens führen. Es kann kaum bezweifelt werden, daß auf die beschriebene Art lößähnliche Böden erzeugt werden können. Vielleicht ist auch anzunehmen, daß sich in diesem Flußlehm das Wurzelröhrchensystem der Marschenvegetation erhält, dann wäre die Ähnlichkeit eine noch weitergehende. — Niemals aber glaube ich, daß solche Böden neuzeitlicher Entstehung freien Kalk enthalten werden, denn was an löslichen Salzen vorhanden ist, ging sicher durch den Wassertransport verloren.[1]

Ablagerungen dieser Herkunft werden auch einen uniformen Charakter besitzen. Sie werden sich nicht allein längs des gleichen Flusses durch eine streng einheitliche Zusammensetzung auszeichnen, sondern die Absätze verschiedener Flüsse werden unter den gleichen klimatischen Verhältnissen kaum nennenswerte Unterschiede erkennen lassen.

Denn das ist eben eines der wichtigsten Kriterien: die kosmopolitische Verbreitung des Lösses und sein uniformer Charakter.

Und der schwerste Einwand, welchen man gegen die Deluationstheorie erheben kann, dünkt mir deshalb der zu sein, daß sie durch ihre Erklärungsart das gerade Gegenteil dessen erwarten läßt, was man am Löß tatsächlich beobachtet. »Überall, wo die Verhältnisse seine typische Ausbildung begünstigt haben«, sagt Richthofen, »besitzt er die gleichen Eigenschaften«.[2] Wie kann der Löß diese merkwürdige petrographische Einförmigkeit besitzen, wenn er durch einfache Umlagerung des Verwitterungsstaubes der nächsten Hänge entstanden ist? Wie kann auf der kurzen Strecke Weges vom abwitternden Hang bis zur akkumulierenden Wiese in Rinnsalen und ähnlichen kleinsten Wasserläufen die Aufbereitung eine solche sein, daß verschiedene Gesteine den gleichen Detritus liefern? Wie ist es möglich, daß der Löß der Baikalregion, welcher überwiegend saure Massengesteine und alt-

---

[1] Der Abbruch des Kasaner Aufenthaltes hat leider unmöglich gemacht, diesen Überlegungen die wünschenswerten Kontrollbeobachtungen im Felde folgen zu lassen.

[2] Richthofen, Führer für Forschungsreisende, p. 469.

krystalline Schiefer zu seinem Grundgebirge hat, im wesentlichen keine petrographischen Merkmale erkennen läßt, die ihn vom Löß der Kasaner Umgebung trennen würden? Und doch liegt dieser letztere auf Kalken, Dolomiten, Mergeln mit wenig Sandstein auf!

Über diese Schwierigkeit hilft uns die Deluationstheorie nicht hinweg und deshalb erscheint sie jedem Beobachter unannehmbar, der sich den kosmopolitischen Charakter des Lösses und besonders seine petrographische Unabhängigkeit vom Grundgebirge zu eigen gemacht hat.

Am 9. und 10. Jänner des Jahres 1918 war ich Zeuge eines sehr merkwürdigen und interessanten Naturereignisses. Ganz Kasan stak im tiefen Winter und Schnee. Da plötzlich brach am 7. von einem kräftigen Barometerrückgang begleitet, eine warme Luftmasse herein, welche in der Nacht vom 8. auf den 9. das Thermometer über den Nullpunkt brachte. Am 9. taute es bis über Mittag. Später gab es ausgiebigen Schneefall und kräftigen Wind. Am 10. hatte der Schneefall aufgehört und das Wetter war ruhiger geworden. Als ich um $10^{1}/_{2}{}^{h}$ a. meinen Gang zur Universität antrat, fiel bereits überall der frischgefallene Schnee durch seine schmutzigbraune Bestäubung auf. Im geologischen Institut angekommen, das an einem der höchstgelegenen Punkte des Stadtgebietes errichtet ist, bemerkte ich, daß die Fernsicht, welche normal bis weit über die Wolga reicht, auf die nächste Umgebung beschränkt ist. Gegen 1^{h} p. bot sich dem Beobachter der normale Winterhimmel, wenn er umzogen ist; eine lichtgraue, ziemlich gleichmäßige Färbung überzog ihn. Gegen den Horizont aber — vom Zenit weg — verdichtete sich die Atmosphäre zu einer gelblich-bräunlich gefärbten,[1] nebeligen Masse. Gebäude waren auf 800 Schritte wie in leichten Rauch gehüllt und auf 1 *km* verschwanden die Umrisse.

Die nebelige Masse ließ geringe Ungleichmäßigkeiten in ihrer Dichte erkennen, ohne aber irgendeine Himmelsrichtung

[1] Zeitweise gewann ich den Eindruck, als ob auch ein Stich ins Rötliche vorhanden gewesen wäre.

zu bevorzugen und war ohne Unterschied — wie es mir schien — in und um die Stadt vorhanden.

Als ich gegen 2^h p. die Wohnung neuerdings verließ, war eine deutliche Verdichtung des »Nebels« zu bemerken.

Abends trat dann ein merkwürdiges Eisrieseln ein (es fielen kleine Graupen).

Am 11. erfolgte Ausheiterung bei raschem Anziehen der Kälte. Prof. H. Ficker-Feldhaus (Graz), der mein Schicksal in Kasan teilte, berichtete, daß nachts ein Drittel Meter Schnee gefallen war. Der frischgefallene Schnee war rein weiß, ohne jegliche Färbung.

Gegen Abend (6^h) stand über Kasan ein heiterer Himmel. Nur gegen NW sah man dicht über dem Horizont eine gelblich bis rauchgrau gefärbte Dunstmasse, die die Form eines sehr flachen Kreisabschnittes annahm, sich scharf gegen den ausgeheiterten Himmel abgrenzen. Sie war scheinbar im Abzug begriffen.

Bereits am 10. war ich mir dessen bewußt, daß in Kasan ein ausgiebiger Staubfall erfolgt war und, wie die Überlegung sagen mußte, unter besonders günstigen Umständen.

Deshalb rüstete ich mich sofort, um an einem möglichst einwandfreien Punkte Staubproben zu sammeln. Die Wahl des Ortes war von außerordentlicher Wichtigkeit. Der Schnee- und Eisgraupenfall war von starken Winden begleitet und deshalb war der Einfluß der Umgebung auf die Zusammensetzung des Staubes überall sehr zu befürchten.

Tatsächlich zeigte sich der Schnee in der Stadt überall durch den verwehten Mist der Straßen stark verunreinigt.

Der Wind kam — ganz roh genommen — aus südlicher Richtung. Deshalb empfahl es sich, das südliche Vorland der Stadt aufzusuchen. Am 12. versah ich mich mit einigen praktischen Gefäßen zum Sammeln der Proben und verließ in südlicher Richtung das Weichbild der Stadt. Ich überzeugte mich aber bald, daß Wärmewelle und Sturm eine Menge aperer Stellen geschaffen hatten und der herausragende Boden auch hier auf den Schnee seine verunreinigende Wirkung ausübte. Da kam mir der Gedanke, die Proben auf dem nahen zugefrorenen See zu sammeln. In seiner südlichen Hälfte

besaß ja der Kabansee eine ganz ansehnliche Breite und hier auf dieser fast unbegangenen und unbefahrenen Fläche bestand die beste Aussicht, einwandfreie Proben gewinnen zu können.

Zwischen der Artilleriekaserne am östlichen und der Ziegelei am westlichen Ufer schritt ich zur Entnahme der Proben. Ich entfernte zuerst zum Teil den noch etwa $^1/_3$ Fuß mächtigen, rein weißen Schnee, der in der Nacht auf den 11. gefallen war und die Staubschicht so vortrefflich vor einer späteren Verunreinigung schützte, und stach dann mittels eines zylindrischen Glasgefäßes einen bis auf das Eis des Sees reichenden Probezylinder heraus. Es war folgendes Profil zu beobachten: Zu unterst das Eis des Sees, dann etwa 2 *cm* weißer, körniger Schnee, darüber 2 bis 3 *cm* Schmutzschnee deutlich in Graupenform fest zusammenbackend und dann endlich die bald $^1/_2$, bald nur $^1/_3$ Fuß mächtige Decke des weißen Pulverschnees. Diese Probe war bestimmt, um eine quantitative Bestimmung des Staubfalles durchzuführen. Für qualitative Untersuchungen wurde ein zweites Gefäß mit Schmutzschnee gefüllt. Damit war die Probenahme nach bestem Können beendigt.

Prof. Ficker-Feldhaus, welcher dem Gang der meteorologischen Ereignisse während des Staubfalles gleich mir regstes Interesse entgegenbrachte, hatte die Freundlichkeit, die entsprechenden Daten[1] an der meteorologischen Beobachtungsstation der Kasaner Universität auszuheben und stellte mir nachstehenden Kommentar bereitwillig zur Verfügung, wofür ich ihm auch an dieser Stelle herzlichst danken möchte.

Bemerkungen zum Staubfall am 10. Jänner 1918.

Von Prof. Dr. H. Ficker-Feldhaus, Graz.

»Dem Staubfall am 10. Jänner, der mit SSE-Wind kam, gingen tagelang vorwiegend südwestliche Winde beträchtlicher Stärke voraus. Dem relativ niedrigen, wenig gestörten Luftdruck sowohl des Vortages als des Staubfalltages selbst zufolge, läßt sich annehmen, daß eine ausgedehnte Depression mit ihrem Zentrum westlich oder nordwestlich von Kasan lag

[1] Siehe die nachfolgenden Tabellen.

und während der in Betracht kommenden Tage (etwa seit 3. Jänner) im wesentlichen stationär blieb. Durch das lange Verweilen der Depression im gleichen Gebiete würde sich dann der Umstand erklären, daß auf ihrer Vorderseite Luft aus sehr entlegenen südlichen Gebieten weit nach Norden sich verlagert hat.

Für den 9. Jänner (geringer Druckanstieg mit Windwechsel nach SSE und Abkühlung) ist sogar eine geringfügige rückläufige Bewegung der Depression wahrscheinlich, wichtig dadurch, daß Kasan aus dem Gebiete extrem warmer, wohl ozeanischer, feuchter, südwestlicher Winde in den Bereich einer kälteren SSE-Strömung kam, die durch Staubfall und geringe relative Feuchtigkeit ihre kontinentale Herkunft bewies. Der Windwechsel wurde dadurch bewirkt, daß die kalte SSE-Strömung sich unter die warme SW-Strömung einschob und letztere vom Boden weg in die Höhe drängte, ein Vorgang, der zu bemerkenswerten Begleiterscheinungen Veranlassung gab.

Am Abend des 10. Jänner fiel nämlich gleichzeitig mit dem Staub und trotz der geringen relativen Feuchtigkeit starker Eisregen. Der Wasserdampf der in die Höhe gedrängten, dadurch abgekühlten SW-Strömung kondensierte zu unterkühlten Regentropfen, die bei Durchfallen der stauberfüllten Bodenschichten gefroren und den Eisregen lieferten.

Am 11. Jänner kam Kasan auf die Rückseite der Depression; es trat mit starker Abkühlung bei Windwechsel nach WSW gewöhnlicher Schneefall ein.

Über die Herkunft des Staubes läßt sich aus den vorliegenden Daten gar nichts aussagen. Schneebedeckte Gebiete sind als Ursprungsort ausgeschlossen, was von vornherein auf eine Ausgangsbreite von etwa 45° schließen läßt. Wesentlich niedrigere Breiten sind nach der normalen Druckverteilung des Jänner nicht wahrscheinlich. Am plausibelsten ist die Annahme, daß die Heimat der Staubströmung in einer der Steppen der Linie: nördlicher Kaspisee—Aralsee—Balkaschsee zu suchen ist.

Bahn und Ausdehnung der Strömung sind mangels synoptischer Daten ganz unbestimmt.«

Datum	1h	3h	5h	7h	9h	11h	1h	3h	5h	7h	9h	11h	Mittel
Luftdruck													
7. Jänner	749·6	47·5	45·4	44·3	43·4	43·1	42·9	42·9	43·2	44·0	44·2	44·6	744·6
8. »	45·2	45·2	45·5	46·3	46·6	46·7	46·6	46·0	45·9	46·0	46·2	46·7	46·1
9. »	47·2	48·2	48·3	49·1	49·2	49·8	50·1	50·1	50·1	49·9	49·9	50·0	49·3
10. »	49·9	49·9	50·2	49·9	49·9	50·0	49·7	49·1	48·8	48·7	48·3	47·7	49·3
11. »	47·2	46·9	46·6	46·6	47·9	49·7	51·4	53·4	55·5	57·4	59·4	760·2	51·8
Temperatur													
7. Jänner	—19·0	—18·1	—16·3	—15·3	—14·4	—71·2	— 8·4	— 6·6	— 6·4	— 6·4	— 5·7	— 5·6	—11·1
8. »	— 5·5	— 5·1	— 4·8	— 3·0	— 2·3	— 1·5	— 0·8	— 0·4	— 0·2	+ 0·5	0·3	1·6	— 1·7
9. »	1·9	2·0	2·0	2·0	2·0	1·0	— 1·1	— 1·1	— 1·0	— 2·8	— 3·6	— 3·7	— 0·2
10. »	— 4·3	— 4·4	4·6	— 4·5	— 3·9	— 3·5	— 3·6	— 3·6	— 3·6	— 2·6	— 3·2	— 3·5	— 3·8
11. »	— 4·3	— 4·3	— 4·1	— 2·9	— 3·5	— 3·7	— 6·8	—11·5	—14·7	—15·6	—18·1	—19·4	— 9·1
Relative Feuchtigkeit													
7. Jänner	76	78	76	81	82	83	81	85	77	78	88	82	81
8. »	87	88	87	89	87	77	75	87	75	67	78	74	81
9. »	74	84	78	77	60	64	74	86	89	82	82	83	78
10. »	81	80	76	78	72	68	53	57	60	55	62	57	67
11. »	77	92	93	95	92	86	75	68	71	73	74	73	81

Windrichtung und Stärke (*km* pro Stunde).

Datum	1^h	3^h	5^h	7^h	9^h	11^h	1^h	3^h	5^h	7^h	9^h	11^h
7. Jänner	.	.	.	.	.	.	S 32	SSW 22	SW 21	S 11	SSW 12	SSW 10
8. »	SSW 9	SSW 1	SSW 1	SSE 19	S 24	S 28	S 27	S 30	S 40	SSW 54	SSW 43	SSW 40
9. »	SSW 43	S 32	S 34	S 34	S 38	S 40	S 31	S 30	SSE 37	SSE 37	SSE 36	SSE 42
10. »	SSE 36	SSE 32	SE 36	SE 43	SE 38	SE 42	SE 42	SSE 36	SSE 50	SSE 44	SSE 47	SSE 50
11. »	SSE 42	SSE 36	SSE 26	S 14	SW 22	WSW 11	WSW 18	WSW 26	WSW 12	SSW 10	SW 18	SW 14

Datum	Bewölkung			Niederschlag		Anmerkungen
	7^h a.	1^h Mittag	9^h p.			
7. Jänner	10	10	10	0 9 *mm*	*	*o ✢
8. »	10	10	10	0·4	*	* p. ✢
9. »	10	10	10	2·4	*	* nachmittags und abends.
10. »	10	10	10	7·1	* o	* u. ✢ nachts, vormittags *o. abends o u. △
11. »	10	9	0	1·3	*	

Die weitere Untersuchung der Staubproben wurde nun im geologischen und mineralogischen Kabinett der Universität in Angriff genommen.

Das Schneewasser wurde in allen Fällen unter Beobachtung der nötigen Vorsicht im Wasserbad eingedampft. Es blieb ein erdbraunes, sehr feines Pulver zurück, ohne sichtbare gröbere Beimengungen, vom Aussehen des käuflichen Cacaopulvers.

Bestimmung der Menge: Die zylindrische Schale hatte einen Querschnitt von 5539 $mm^2 = 55 \cdot 39\ cm^2$. Die auf diesem Querschnitt eingedampfte Staubmenge wog $0 \cdot 131\ g$, woraus sich eine gefallene Staubmenge von

$$23\ g \text{ auf } 1\ m^2$$

errechnet.

Infolge der geübten Vorsicht bei der Probenahme und der Bestimmung glaube ich für diese Ziffer eine ziemliche Zuverlässigkeit in Anspruch nehmen zu können. Sie läßt erkennen, daß die Staubmassen ganz gewaltige waren, welche durch diese südliche Luftströmung bis in die Breiten von Kasan gelangten.

Die weiteren Untersuchungen, welche zur Klarstellung der Zusammensetzung des Staubes unternommen wurden, konnten leider zu keinem gedeihlichen Abschluß gebracht werden. Die außergewöhnlichen Verhältnisse des Jahres 1918 schufen eine ganze Reihe von Schwierigkeiten, welche kaum zu umgehen waren. Es wurde deshalb eine hinreichende Menge zusammen mit dem Schmelzwasser in eine Glasröhre eingeschmolzen und außerdem noch Trockenproben des Staubes aufbewahrt, um die qualitative Untersuchung seinerzeit in der Heimat durchführen zu können. Dieser Arbeit konnte ich mich bis jetzt nicht unterziehen, da die Mitte desselben Jahres unternommene Flucht aus Kasan mich nötigte, die Proben — wenn auch in guten Händen — zurückzulassen.

Dieser Mangel wird hier sehr schwer empfunden und es muß der Hoffnung Ausdruck verliehen werden, daß es zu einem späteren Zeitpunkt gelingen möge, diese Lücke auszufüllen.

Denn der Verdacht, daß solche Staubfälle irgend einen Anteil haben könnten am Aufbau des Bodens um Kasan, mußte natürlich sofort einen mikroskopischen Vergleich zwischen Staub und Lößpulver anregen. Und diese Arbeit ist nun über eine bloße Übersicht nicht hinausgekommen. Soviel aber verriet auch schon eine oberflächliche Musterung, daß auf einen Vergleich im Kleinsten keine besonderen Hoffnungen gesetzt werden dürfen. Die beiden Proben liegen in einem grundverschiedenen Erhaltungszustande vor. Der Löß ist merklich verlehmt, d. h. die Silikate sind in toniger Zersetzung begriffen und ein gut Teil der löslichen Salze ist bereits fortgeführt; beim Staub vom 10. Jänner ist dieser Prozeß noch nicht einmal eingeleitet. Selbst bei völliger Identität des Ausgangsmaterials — an welche übrigens im engeren Sinne nicht gedacht werden kann, da die charakteristischen großen Quarzkörnchen des Lösses dem Staub völlig mangelten — ist deshalb eine glatte Übereinstimmung des Lößpulvers mit jenem des Staubes weder unter dem Mikroskop noch in der Analyse kaum zu erwarten.

Es kann aber nicht bezweifelt werden, daß der gefallene Staub dem Boden wenigstens teilweise einverleibt wird. Soweit er nicht auf Wasserflächen auffällt, soweit ihn nicht Wind, Schmelz- und Regenwasser einer neuerlichen Umlagerung unterziehen, wird ihm der Pflanzenwuchs Schutz gewähren, und es ist eine reine Frage der Anzahl und Ausgiebigkeit solcher Staubfälle, ob gewisse, der Denudation weniger unterliegende Hochflächen eine Erhöhung erfahren oder nicht.

Die Wirkung dieser Staubfälle quantitativ zu erfassen, ist aber außerordentlich schwierig. Während der ganzen schneefreien Jahreszeit entziehen sie sich einer verläßlichen Beobachtung. Denn welche Merkmale bei den geringen mineralischen Unterschieden der vom Boden abgefegten Staubarten sollten uns instand setzen, zu erkennen, daß wir es wirklich mit ortsfremden, von weither zugeführten Staubmassen zu tun haben? Wenn es sich nicht um ganz charakteristisch zusammengesetzten Staub handelt, werden selbst mit aller Vorsicht angestellte meteorologische Beobachtungen keine

eindeutigen Beweise liefern. Daher gewinnen die Staubfälle zur Winterszeit, wenn das ganze Umland unter einer schützenden Schneedecke begraben ist, besondere Bedeutung.

Dann ist der örtliche Einfluß beinahe ausgeschaltet. Aber auch für die Bestimmung des Herkunftsgebietes, der Bahn, Ausdehnung (Streuung) und Dichte des Staubfalles ergibt sich eine besonders günstige Konstellation der Beobachtungsbedingungen.

Leider haben es die Wirren des Jahres 1918 nicht zugelassen, diese Vorteile entsprechend auszunützen.

Nach den Aufzeichnungen der meteorologischen Beobachtungsstationen des Gouvernements Kasan sind Staubfälle keine besondere Seltenheit und es wäre denkbar, daß ihnen beim Aufbau des Lößbodens eine gewisse Rolle zukommt. Denn wir müssen folgendes bedenken: Ist der Boden vom Schnee frei und der Pflanzenwuchs noch nicht in dem Maße vorgeschritten, daß er den lose liegenden Staub festhalten könnte, dann werden sich die auftrocknenden Frühjahrsstürme des losen Materials bemächtigen und eine Umlagerung bewirken, welche durch die vorherrschende lokale Windrichtung bestimmt ist. Der Staub wird von der Luvseite der Gehänge verschwinden und an der Leeseite einer steten Akkumulierung unterworfen werden. Und hier wird ihn der allmählich hochkommende Pflanzenwuchs endgültig verankern.

Einer ähnlichen Umlagerung sind aber auch die Sinkstoffe des jährlichen Wolgahochwassers ausgesetzt, welche nach dem Rückzuge der Fluten im Inundationsgebiete zurückgelassen werden.

Wenn man nach Ablauf des Eisstoßes in der Wolga im Fuchshofgarten, einem kleinen öffentlichen Park am Nordrande der Lößkante im Stadtbezirke, sitzt, den Blick gewendet gegen die Niederung, in welcher sonst die kleine Kasanka träge ihre Fluten zur Wolga wälzt, so späht man vergebens nach dem Flusse aus, vergebens nach den Wiesen und kleinen Tümpeln, die sich zu Füßen der prächtigen Aussicht einige 30 Meter

tiefer weithin nach Norden erstreckten. Die Niederung der Kasanka ist in einen See verwandelt, der Stromstrich aber hat sich verkehrt und trübe stauen sich die von der steigenden Wolga kommenden Fluten die Kasanka aufwärts. Das Wolgawasser ist mit Sinkstoffen beladen, die mit ihm über das ganze Überflutungsgebiet verteilt werden.

Denn in den Tagen des Höchststandes verschwindet rasch die gelbe Trübung und die abziehenden Fluten sind klar und haben sich ihres mineralischen Ballastes entledigt.

Auf der von der Überflutung befreiten Niederung sieht man dann allenthalben den lößfarbenen Sinkstoff in einer dünnen Schicht den Boden decken.

Aber die Sonne und besonders die Frühjahrswinde trocknen rasch, der Niederschlag wird rissig, schält sich auch vom Boden und gerät in die Gewalt des Windes. Und der Mangel einer Vegetationsdecke, in der sich der trockene Sinkstoff verfangen könnte, begünstigt ganz außerordentlich die Freizügigkeit des Staubes. Die 30 *m* hohen Wände der Lößkante im Kasankatale sind für ihn kein Hindernis. An der Brüstung am Rande des Absturzes im Fuchshofgarten sitzend, war man bei Wind ständig den Attaken des feinen Quarzsandes ausgesetzt, den der Frühjahrswind aus dem Kasankatale heraufbrachte. Im Windschatten aller Hindernisse häufte er sich und es läßt sich erwarten, daß auch seine Verteilung im Gelände hauptsächlich durch die Windrichtung bestimmt wird, welche um Kasan die herrschende ist.

Daß diese äolischen Aufbereitungsprodukte des Hochwasserschlammes den weiteren Bereich der Stromtäler ganz zu entfliehen vermögen, ist wohl kaum anzunehmen. Im Gegenteil, bald wird die rasch aufsprossende Vegetation die Kraft des Windes überholen und dann ist es mit der Freizügigkeit des Staubes zu Ende. Es wird also einerseits ein Teil des Hochwasserschlammes das Inundationsgebiet gar nicht verlassen und hier in den Marschen längs der Flüsse an einer steten, aber sehr ungleichmäßigen Erhöhung des Bodens arbeiten, das bewegliche Material aber wird sich dort verfangen, wo im Jahresdurchschnitt die größte Windstille herrscht, d. h. im Windschatten der Rücken.

So haben wir denn zwei aktuelle geologische Prozesse kennen gelernt, welche noch heute der Umgebung von Kasan Rohmaterial zuführen, dessen weitere Verteilung im Gelände wesentlich von der herrschenden Windrichtung abhängt. Und die Frage muß ernstlich erwogen werden, ob nicht Ablagerungen, deren Verteilung eine derartige Abhängigkeit verrät, eben diesen geologischen Prozessen ihre Entstehung verdanken.

Eine Prüfung der postpliocänen Schichten, die wir unter dem Titel »Lößstufe« zusammengefaßt haben, ergibt nun in der Tat, daß eine solche gesetzmäßige Abhängigkeit vorhanden ist. Es ist eine sehr bekannte Tatsache, welche in vielen Gegenden bereits ihre Bestätigung gefunden hat, daß dem Löß in Regionen, deren Relief eine ausgesprochene Luv- und Leeseite unterscheiden läßt, eine gesetzmäßige Verteilung zukommt. Er hat sich in diesem Falle mit überzeugender Folgerichtigkeit auf der Leeseite der Rücken angesiedelt, wie dies seine äolische Herkunft notwendig macht.

»In einer Gegend mit schroffem Formenwechsel«, sagt Freiherr v. Richthofen,[1] »wird man beobachten, daß der Staub sich an geschützten Stellen in großer Mächtigkeit abgelagert hat, dagegen an anderen, welche der fegenden Kraft des Windes ausgesetzt sind, gänzlich fehlt«.

So hat E. Tietze die auffällige Ungleichseitigkeit der ostgalizischen Täler und die vorherrschende Entwicklung des Löß auf den westlichen Talgehängen damit zu erklären versucht, daß er für die Zeit der Lößbildung ein Vorherrschen der Westwinde annahm. Von den Westwinden mitgenommen, sei der Steppenstaub im Windschatten der N—S verlaufenden Höhenrücken, also an deren Ostabdachung abgesetzt worden. Auch F. E. Sueß beobachtete eine ganz ähnliche Einseitigkeit der Lößverteilung in den Tälern, welche die Ostabdachung der Böhmischen Masse begleiten.

Loczi hat besonders an der Hand der Lößgeographie von Ungarn gezeigt, wie folgerichtig sich dieses Gesetz für einen großen Teil von Mitteleuropa ableiten läßt. Einen indirekten, aber wunderschönen Beweis verdanken wir Obrut-

[1] Richthofen, Führer für Forschungsreisende, p. 442.

-schew, dessen Untersuchungen im südwestlichen Transbaikalien (Zentralsibirien) das hochinteressante Ergebnis hatten, daß sich dort das Verbreitungsgebiet des noch lebendigen Flugsandes vollständig an jenes des Lösses anschließt. (Die Jahresresultierende der Windrichtungen hat also in diesem Gebiet seit der Lößperiode keine kennbare Veränderung ihrer Richtung erfahren.)

Es ist sehr zu bedauern, daß diesem Gesetze der Lößverteilung in den neueren russischen Arbeiten, welche nicht auf dem Boden der äolischen Theorie stehen, die ihm gebührende Beachtung nicht zuteil wird. Denn daß diese Gesetzmäßigkeit auch für russische Gebiete Geltung hat, lehrt gerade das Beispiel von Kasan.

In einer sehr alten Arbeit aus dem Jahre 1869 berichtet ein scharfer Beobachter (N. A. Golowkinski) über die Verteilung der sogenannten »Sandformation« in der Umgebung von Kasan. Diese »Sandformation« ist das, was wir als Lößstufe bezeichnet haben. Er sagt von ihr: »Die Sandformation liegt in keiner Vertiefung, sie erreicht gleiche Höhe mit den permischen Ablagerungen«; und an einer anderen Stelle: »*Es ist bemerkenswert, daß den Westhang der Rücken permische Gesteine zusammensetzen, kaum verdeckt durch Lehm, während der östliche (nordöstliche) überall gebildet wird durch die kompakte Masse der mehr oder weniger tonigen ‚Sandformation'. Dasselbe beobachtet man auch an anderen Orten, z. B. in der Semiosernaja Pustinja, nahe Laïschew, gegen den Osten von Sacharowka (am linken Ufer der Kama) usw...*«[1]

Gleichzeitig bringt er ein einfaches, aber sehr lehrreiches Profil, welches ich hierher setze (siehe Fig. 5), weil es das Gesetz der Lößverteilung sehr hübsch zum Ausdruck bringt.

In einer Zeit also, da die äolische Theorie noch gar nicht den Brennpunkt des Streites um die Lößentstehung ausmachte, da die Lößnatur eines Teiles der posttertiären Ablagerungen von Kasan noch gar nicht in Frage stand, hat bereits ein scharfer Naturbeobachter diese Gesetzmäßigkeit im Kasaner Gebiet erkannt. Und weil sie so ganz unbeeinflußt

---

[1] N. A. Golowkinski, Beschreibung der geologischen Beobachtungen, angestellt im Sommer 1866 im Kasaner und Wiatkaër Gouvernement. Materialien zur Geologie von Rußland. St. Petersburg 1869, Bd. I, p. 269 (russ.).

von jeglicher theoretischen Richtung festgestellt wurde, verdient sie um so mehr Vertrauen.

Die Beschränkungen meiner Freizügigkeit haben es leider nicht zugelassen, diesen wertvollen Feldbeobachtungen Golowkinski's nachzugehen und sie durch eigenes Tatsachenmaterial zu ergänzen. Mögen künftige Untersuchungen im zentralen Rußland diesem Lagerungsgesetz des Lösses die gebührende Aufmerksamkeit schenken. Für unsere eigenen Überlegungen müssen wir uns mit den angeführten alten Beobachtungen bescheiden.

Die nächste Frage, welche dringende Erledigung heischt, ist nun die: Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem Verteilungsprinzip des Lösses und der herrschenden Windrichtung um Kasan?

Herr Prof. Ficker-Feldhaus hat mir auch in diesem Falle seine wertvolle Unterstützung nicht versagt und sich der umständlichen Arbeit unterzogen, aus zehnjährigen Beobachtungen für das Wolgagebiet zwischen Nischni Nowgorod und Sysran-Samara die Jahresresultante zu berechnen. Ich möchte ihn für diese Mühe nochmals meines wärmsten Dankes versichern. Hören wir, zu welchen Schlüssen ihn seine Berechnung führt:

»Im Wolgagebiet zwischen Nischni Nowgorod und Sysran-Samara sind südwestliche Winde am häufigsten. Für vier in diesem Gebiete gelegene Stationen berechnet sich nach zehnjährigen Beobachtungen (1894—1903) die Häufigkeit der einzelnen Windrichtungen, wie in nebenstehender Tabelle folgt (Häufigkeit in Prozenten aller Windstunden, exklusive der windstillen Termin-Stunden).

Dem klimatologischen Atlas des Russischen Reiches ist ferner zu entnehmen, daß die westliche Komponente der Luftströmungen in dem fraglichen Gebiete im Sommer stärker ist als im Winter; dieser jahreszeitliche Unterschied ist sogar sehr stark ausgeprägt. — Der Isobarenverlauf läßt südwestliche bis westliche Winde als die häufigsten erwarten. Auch das Rechtsdrehen der Winde mit abnehmender Höhe über dem Erdboden — in unserem Falle gleichbedeutend mit einer Verstärkung der Westkomponente — darf nicht außeracht gelassen werden.«

Ort	φ	λ	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Resultante	Mittlere Windstärke in m/sek
Nischni Nowgorod ...	56° 20'	44° 0'	5%	4	10	16	15	21	16	13	S 32½° W	4·4
Kosmodemiansk	56 20	46 34	7	6	6	10	13	27	21	10	W 35° S	3·0
Kasan	55 47	49 8	11	10	6	15	17	17	14	10	S 32½° W	3·1
Sysran	53 9	48 27	13	9	5	12	12	17	20	12	W 13° S	2·1

Fig. 5.

N. A. Golowkinski: Schnitt durch die Umgebung von Kasan.

Vertikal schraffiert: »Sandformation«. — Horizontal schraffiert: Perm.

Halten wir uns diesen Tatsachen gegenüber noch einmal vor Augen, was Golowkinski über die gesetzmäßige Verteilung der »Sandformation« im Gelände konstatieren konnte, so müssen wir über das Ergebnis dieses Vergleiches vollauf befriedigt sein.

Wir haben also folgende Sachlage: In der Umgebung von Kasan existiert eine posttertiäre Ablagerungsreihe, deren petrographische Zusammensetzung und Aufbau eine ganze Reihe von Merkmalen in sich schließt, welche auf eine äolische Herkunft dieser Sedimente hindeuten, während gleichzeitig alle Anhaltspunkte mangeln, welche einen Absatz aus dem Wasser begründen würden. Diese »Formation« verrät eine derart gesetzmäßige Verteilung im Gelände, daß sich ihre Ablagerungsorte als die Leeseite der Grundgebirgsrücken zu erkennen geben, wenn wir der Jahresresultante der Gegenwart auch für die Bildungsperiode des Lösses Gültigkeit zuerkennen würden.

Angenommen, daß der Gang der Isobaren in Nach- und Zwischeneiszeiten von dem der Gegenwart im wesentlichen nicht verschieden war, so ergibt sich wenigstens für jenen Löß, den wir als nach- oder zwischeneiszeitlich erkennen, eine notwendige Beeinflussung durch die berechnete Jahresresultante. Mit größter Wahrscheinlichkeit müssen wir dem Winde beim Absatze der Bodenarten der Lößgruppe in der Umgebung von Kasan die entscheidende Rolle zuerkennen.

Dieser Eindruck wird noch dadurch verstärkt, daß die den Löß unterlagernden Sande, welche nach Noinski auch mit ihm wechsellagern, ihrer ganzen Beschaffenheit nach nur dem Winde ihre Bildung und Ortstellung verdanken. Diese Sande sind zum guten Teil als Dünensande klar kenntlich, sie zeigen die für sie so bezeichnende Einförmigkeit der Zusammensetzung und Gleichmäßigkeit des Korns, sie zeigen wiederholt und manchmal in klassischer Klarheit die Dünenschichtung, wie sie z. B. vom mohammedanischen Friedhofe in Kasan beschrieben wurde. Bei dem absoluten Mangel an Fluß- oder Meereskonchylien unterliegt es meines Erachtens keinem Zweifel, daß dieser Sand eine echte Landbildung darstellt und gewissen Zwischenperioden seine Entstehung verdankt, welche

die große Phase der Lößbildung — vielleicht nur örtlich — unterbrachen.

Als wir auf der Fahrt von Moskau nach Samara uns von Rusaëwka her der Wolga näherten, trat die Strecke bei Koremeslowka überraschend aus der Tschernosjom-Region in ein typisches Stück Steppe ein. Crêmegelber Triebsand, übersät mit prächtigen äolischen Rippelmarken, deckt den Boden. Spärlicher Graswuchs und schüttere Kieferinseln fristen ein kümmerliches Dasein. Einigen großen Dünenwällen ist der Mensch bereits erfolgreich zu Leibe gerückt: sie sind mit mehrjährigen Kiefern bestanden.

Dieses Flugsandgebiet liegt 300 *km* wolgaabwärts südlich Kasan. Aber auch dort — in Kasan — tritt uns dieses Stück Gegenwart entgegen, nur »fossil«, begraben von einer mächtigen Lößdecke. Ich habe mich nie des Gedankens erwehren können, daß wir in Kasan und Samara ein zeitliches Nebeneinander vor uns haben, das in den Profilen der Lößgruppe in ein zeitliches Nach- oder Übereinander übergeht. Und es drängt manches dahin, die Frage, ob äolischer Löß um Kasan heute noch gebildet wird, mit einem entschiedenen »Ja!« zu beantworten.

Der Löß wächst noch.

Solange Staubstürme ganz ungeheure Massen von oberflächlichen Zerstörungsprodukten in südlichen Gebieten abheben und sie hunderte von Meilen nach Norden verfrachten, solange die Wolga hunderttausende von Kubikmetern an Sinkstoffen jährlich über das Land ausstreut, solange ein Flecken präquartären Grundgebirges dem Winde Angriffsfläche bietet und der Verwitterung ausgesetzt ist, wird der Löß wachsen.

Aber dieser Prozeß geht jetzt anders vor sich, viel langsamer, wie wir vermuten, als in den Zeiten der Vergletscherung.

Heute ist fast aller Boden um Kasan, der nicht vom Walde bedeckt ist, Ackerland; der Mensch und die Pflanze rücken gegen die Steppe vor. Aber wir wissen nicht, was sich ereignen würde, wenn eine jener großen Völkerverschiebungen dem Lande alle Kultur nehmen, wenn sich wieder alles Ackerland in Heide verwandeln würde.

Verwitterungsstaub der Nachbarschaft kann ebenfalls Stoffzufuhr für die Lößbildung bedingen. Aber wenn das gesamte Land mit wenigen Ausnahmen von einer Kultur- oder Grasnarbe bedeckt ist, kann dieser Art der Stoffbringung nur eine sehr bescheidene Bedeutung zuerkannt werden. Anders wird diese Möglichkeit für eine Periode einzuschätzen sein, als dieser Vegetationsüberzug noch nicht vorhanden war, als das Eis nach Norden zurückwich und im Westen der Wolga ausgedehnte Gebiete sich bar jedes Schutzes dem Winde darboten.

Aber ist es nicht auffällig, daß die Rückzugsgebiete der Dnjepr- und Donzunge selbst wieder von Löß bedeckt werden? Wie kann er hier aus der Grundmoräne abgeleitet werden, wenn sie selbst unter ihm begraben wird?! Hier ist es schwierig zu sagen, der Löß ist örtlicher Entstehung, wie dies neuerdings L. S. Berg vertritt.[1] Auch dieser russische Forscher rechnet mit der Lößbildung auf verschiedenem Wege. Er denkt sich diesen entstanden einerseits durch Ausblasen fluvioglazialer Ablagerungen, doch mißt er dieser Entstehungsart keine große Bedeutung bei; dann auf deluvialem Wege im Sinne Armaschewsky's und endlich alluvial und durch Verwitterung in situ. »Im Sakawkas und in Turkestan gibt es Ablagerungen von ersichtlich alluvialer Herkunft. Und nichtsdestoweniger besitzen sie eine lößähnliche Zusammensetzung. — Die Möglichkeit der Bildung von alluvialen Bodenarten, welche sich von Löß nicht unterscheiden, kann als bewiesen gelten. — Der Löß des mittleren und nördlichen Rußland und auch Sibiriens ist der gleichen Entstehung. Löß kann in situ gebildet werden aus den verschiedensten Gesteinsarten im Gefolge der Verwitterung und bodenbildender Prozesse unter dem Einflusse eines trockenen Klimas. Gewisse Gesteinsarten (wie Moränen und fluvioglaziale Ablagerungen) sind zur Lößbildung besonders geeignet. — Die Bildungszeit des Lösses fällt in eine Trockenperiode, welche auf die Vereisung folgte, als sich die Steppen bedeutend weiter nach N erstreckten.«

---

[1] L. S. Berg, Über das Auftreten des Lösses. Iswiestia der Kaiserl. Russ. Geogr. Gesellsch., Bd. LII, 1916, Lief. VIII, p. 579—647 (russ.).

Dies sind die Leitsätze des Berg'schen Lehrgebäudes.

Vielleicht war es notwendig, den mehr autochthonen Charakter des Lösses zu betonen, der in den südrussischen Steppen wächst; dem Verfasser steht darüber kein Urteil zu. Aber dem gesamten Löß des mittleren und nördlichen Rußland, dem Löß Sibiriens die gleiche Art des Entstehens zu unterstellen, wie dies Berg tut, dürfte zu weit gegangen sein. Es ist immerhin sehr bemerkenswert und soll nicht übersehen werden, daß innerhalb des mitteleuropäischen Lößgürtels sich beträchtliche Strecken durch sehr spärliche Verbreitung oder völlige Armut an diesem Gestein auszeichnen. Auffällig ist z. B. die Lößarmut auf der ganzen Ostabdachung der Alpen gegen die pannonische Niederung; schwer erklärlich auch die Spärlichkeit seiner Vertretung im Regnitz- und Neckarlande (Südwestdeutschland) und im Moldaugebiet (Böhmen), wie dies bereits Alb. Penck[1] hervorgehoben hat. Solche Lücken in der Lößverbreitung bereiten der Berg'schen Theorie der Autochthonie des Lösses einige Schwierigkeiten und es ist sehr fraglich, ob nicht Alb. Penck's Auffassung dem Problem viel näher kommt, indem sie einen Zusammenhang zwischen den dem vereisten Gebiete entströmenden Flüssen und der Lößverteilung herstellt.

Es ist sehr auffällig, daß »der Löß nördlich der Alpen gerade in den Tälern, in welchen die Schmelzwasser der Vergletscherung sich zum Meere bewegten, seine größte Entwicklung zeigt, so längs der Donau, längs des Rheins und längs der Rhône bis dahin, wo sie ins Waldgebiet der Eiszeit floß«. ...»Nahe liegt es angesichts der überaus mächtigen Lößmassen der Gegend von Krems an verwehten Hochwasserschlamm der Donau zu denken, sowie den Löß der Mittelrheinebene auf den Rhein zurückzuführen«.[2]

Meine Beobachtungen an der Wolga sind sehr geeignet, dieser Auffassung als Stütze zu dienen.

Durch die Zubringung von Staub anderer Herkunft, von fremdem, weither verfrachtetem und von einheimischem, prä-

---

[1] Alb. Penck und Ed. Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, III. Bd., Leipzig 1909, p. 1160.

[2] A. a. O., p. 1160.

quartären Entblößungen entstammendem, wird zwar das Problem ein kompliziertes, aber da diese letzteren Arten der Staubzufuhr wahrscheinlich hinter der zuerst erwähnten in ihrer Wirkung zurückbleiben, so tun sie der Penck'schen Auffassung wenig Abbruch.

An Verwitterungsstaub aus Trockengebieten oder Gletscherschlamm werden wir aber auch deshalb denken müssen, weil nur die unzersetzten, kalkhältigen Silikate dieser Zerstörungsprodukte geeignet sind, den hohen Kalkgehalt des aufgeschlossenen Lösses zu erklären.

Wir eilen zum Schlusse. Das Problem der Lößentstehung erscheint uns seinem Wesen nach kein einfaches; sowohl örtlich als zeitlich unterliegt es nach unseren bisherigen Erfahrungen verschiedenen Abänderungen.

Für den Löß der zweiten Terrasse von Kasan (Noinski)[1] ist sowohl die Teilnahme von verwehtem Hochwasserschlamm als von Steppenstaub am Aufbau bis in die Gegenwart sehr wahrscheinlich. Für eine Anwendbarkeit der Deluationstheorie ergaben sich keine Handhaben. Die Lößgruppe um Kasan (Noinski II. Terrasse) ist überwiegend äolischer Entstehung; Zusammensetzung, Aufbau und Verteilung im Gelände machen dieses Urteil fast zur Gewißheit.

Diese Arbeit war im wesentlichen bereits während meines Aufenthaltes in Kasan zum Abschlusse gebracht worden. Nur einige Untersuchungen im Kleinen, wie die mikroskopische Durchforschung der um Kasan aufgesammelten pleistocänen Gesteine und des am 10. Jänner 1918 gefallenen Staubes sollten noch eine Ergänzung bringen. Nun haben die Wirren in Rußland bis heute eine Nachsendung der in Kasan zurückgelassenen Aufsammlung nicht zugelassen.

---

[1] M. Noinski, Materialien zur Geologie von Kasan und dessen Umgebung. II. Über den Charakter der Ablagerungen bei der alten Klinik. Beil. zu den Sitzungsprotokollen der Naturforschenden Gesellschaft an der Kasaner Universität, Nr 334 (russ.).

Da mittlerweile ein Jahr seit meiner Heimkehr verstrichen ist und die Aussichten, bald in den Besitz meiner Aufsammlungen zu gelangen, gering sind, so übergebe ich diesen Beitrag zur Kenntnis des russischen Lösses dem Drucke.

Ich bin mir der Lücken bewußt. Aber da deren Ausfüllung die Grundlinien dieser Untersuchung kaum zu verrücken imstande sein werden, so kann ich der Hoffnung Ausdruck verleihen, daß diese Mängel weniger schwer empfunden werden mögen.
